

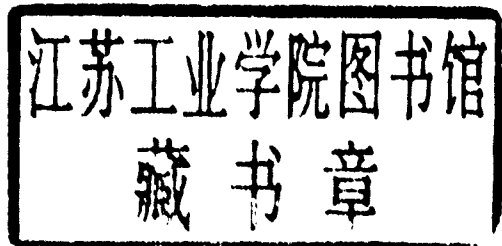
吴文礼 编著

食品微生物学进展

中国农业科学技术出版社

食品微生物学进展

吴文礼 编著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品微生物学进展/吴文礼编著. - 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002.5

ISBN 7-80119-572-8

I. 食… II. 吴… III. 食品-微生物学-研究
IV. TS201.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 011913 号

责任编辑

鲁卫泉

出版发行

中国农业科学技术出版社

(北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081)

经 销

新华书店北京发行所

印 刷

北京鑫海达印刷厂

开 本

850mm × 1168mm 1/32 印张: 8.75

印 数

1 ~ 1 000 册 字数: 252 千字

版 次

2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月第 1 次印刷

定 价

28.00 元

前 言

根据 1990 年农业部关于“农产品贮藏与加工专业硕士生培养方案”的规定,《食品微生物学进展》是农产品贮藏与加工专业各研究方向硕士研究生必修的学位课,但至今尚无正式出版的教材,给学习这门课的学生带来不便和困难。为了满足学生的学习需要,编者根据多年来担任这门课准备和积累的素材,经多次充实修改,编写成这本教材。但这只能反映编者上好这门课的教学思想和教学内容安排的尝试,盼望能起到抛砖引玉的作用。

改革开放以来,随着国民经济的持续发展,食品工业普遍受到重视,食品工业在国民经济中的产值近年来已跃居首位。随着解决农业、农村和农民增加收入问题提到议事日程,农产品加工在农业产业化提高产品附加值中起着举足轻重的作用,而在食品和农产品的保鲜、贮藏、加工、运输、销售、卫生监督以及食品新资源的开发利用等各个环节都与食品微生物学密切相关,都需要食品微生物学知识,所以如何使这本书也适用于食品行业的生产和食品卫生检测等科技人员阅读是编者的另一个考虑。

食品微生物学是微生物学的一个重要分科,微生物学是一门发展很快的前沿学科,特别是 20 世纪最后 25 年,新知识、新成果、新方法、新资源不断涌现,日新月异。涉及食品微生物学内容的很多,编者在教材内容方面,首先考虑要有一定的微生物学基础,以便与以前所学的微生物学课程相衔接,能较全面地了解微生物学与食品的密切关系,在此基础上,选择一些食品微生物学教材中叙述较简单的甚至未叙及的重要内容,又与当今食品科研、生产和开发很密切的资料,介绍某些方面的研究进展,而不求面面俱到,以便更好地适应食品科

学和食品工业日益发展的需要。

全书内容包括：食品中常见的微生物；微生物在食品环境中的生长；厌氧微生物的培养与研究进展；固定化酶及固定化细胞；微生物产生的胞外多糖及其应用；单细胞蛋白的营养与生产应用；食品中的葡萄球菌及其肠毒素；食品在杀菌、除菌方面研究的一些新进展。

在编写过程中，参阅和引用了不少专家和学者的有关论著，倪辉（集美大学）、盘赛昆（淮海大学）、江玉姬（福建农林大学）参与第8章部分内容的编写工作，食品科技学院96级和97级研究生姚菁华、吴胜军、肖雷、张焕新、朱志伟、代春华等同学也帮助收集了部分资料；福建省盐业公司吴朝晖同志为本书绘画了部分插图，蔡学矜同志帮助查找和收集有关参考资料付出了辛勤的劳动；在出版过程中得到福建农林大学郑金贵同志，食品科技学院王育敏同志的大力支持，谨此表示诚挚的感谢。

由于这本书涉及的内容广，知识面宽，限于编写时间和本人的水平，本书内容、观点或其他方面难免有不当、错漏之处，希望广大读者在使用过程中给予批评指正。

编者

2002年2月

目 录

第一章 食品中的主要微生物	(1)
第一节 原核微生物	(1)
第二节 真核微生物	(15)
第三节 非细胞生物	(29)
第二章 微生物在食品环境中的生长	(37)
第一节 微生物的生长	(37)
第二节 食品的营养组成与微生物的生长	(45)
第三节 微生物的生长与温度	(48)
第四节 微生物的生长与水分	(57)
第五节 微生物的生长与气体	(67)
第六节 微生物的生长与 pH 值	(70)
第七节 食品环境中微生物的抑制、杀灭与防止	(76)
第三章 厌氧微生物的培养及其研究进展	(84)
第一节 厌氧微生物的生理生化作用与培养技术	(84)
第二节 厌氧微生物研究的新进展	(98)
第三节 厌氧微生物在食品工业上的应用	(108)
第四章 固定化酶和固定化细胞	(122)
第一节 固定化酶及其应用	(122)
第二节 微生物细胞固定化技术及应用	(128)
第三节 固定化技术研究的新进展	(141)
第五章 微生物产生的胞外多糖及其应用	(147)
第一节 概况	(147)
第二节 微生物多糖的种类与结构	(148)
第三节 微生物多糖的理化特性	(153)
第四节 产生多糖的微生物种类与营养要求	(157)

第五节 微生物多糖的应用	(160)
第六章 单细胞蛋白的营养与生产应用	(176)
第一节 概述	(176)
第二节 生产单细胞蛋白的微生物	(179)
第三节 生产单细胞蛋白的原料	(181)
第四节 SCP 的安全性及营养性评价	(185)
第五节 单细胞蛋白的生产工艺	(186)
第六节 SCP 的用途	(193)
第七章 食品中的葡萄球菌及其肠毒素	(195)
第一节 葡萄球菌及其肠毒素的研究历史	(195)
第二节 葡萄球菌的生物学性状与分型	(197)
第三节 葡萄球菌的病原性与毒素	(200)
第四节 金葡菌的生态与流行病学	(207)
第五节 我国在葡萄球菌肠毒素问题方面的研究	(212)
第八章 食品在杀菌、除菌方面的一些新进展	(217)
第一节 超高压杀菌新技术	(217)
第二节 微波在食品工业中的应用	(221)
第三节 高压脉冲电场灭菌及其在食品工业中的应用	(231)
第四节 超声波在食品工业中的应用	(235)
第五节 液中脉冲放电杀菌	(240)
第六节 电阻杀菌在食品加工中的应用	(243)
第七节 辐射及电子射线在食品保藏中的应用	(246)
第八节 膜分离技术及其在除菌方面的应用	(255)
第九节 磁力杀菌及脉冲强光杀菌	(262)

主要参考文献

第一章 食品中的主要微生物

现代生物学认为，整个生物界分为细胞生物和非细胞生物，细胞生物又分为原核生物和真核生物。原核生物包括细菌、放线菌、蓝细菌（即蓝藻）；真核生物包括高等动植物、低等动植物、霉菌、酵母菌、单细胞藻类和原生动物；病毒、噬菌体和类病毒等属非细胞生物。

第一节 原核微生物

一、细菌

1. 形态与大小

细菌是单细胞生物，每个细胞就是一个独立的生活个体，即使在聚集成群体的情况下，也仍按个体进行独立的生命活动。

细菌的基本形态有球状、杆状和螺旋状，分别称为球菌、杆菌和螺旋菌（图 1-1）。

球状：细胞单个呈圆球状或扁圆状，几个连在一起常呈扁圆状。按其排列和聚集情况的不同可分为 6 种类型，即小球菌（尿小球菌 *Micrococcus ureae*）、双球菌（肺炎双球菌 *Diplococcus pneumoniae*）、链球菌（乳链球菌 *Streptococcus lactis*）、四联球菌（四联小球菌 *Micrococcus tetragenus*）、八叠球菌（尿八叠球菌 *Sarcina ureae*）、葡萄球菌（金黄色葡萄球菌 *Staphylococcus aureus*）。

杆状：这类菌细胞通常只有横分裂，因此有单杆、双杆、链杆、八字形等排列。其长宽大小比例、粗细、两端形状，常因菌种不同而有很大差异。

螺旋状：细胞弯曲呈螺旋状，弯曲不足一圈称弧菌（霍乱弧菌 *Vibrio cholerae*）弯曲超过一圈者称螺菌（减少螺菌 *Spirillum minus*）。



图 1-1 细菌及放线菌的形态

1. 球菌 2. 杆菌 3. 螺旋菌 4. 放线菌

(实心表示基内菌丝, 空心表示气生菌丝)

细菌的形状受外界条件影响很大, 只有在适宜的生长条件下, 营养丰富的壮年菌体, 才能表现出正常的个体形态特征, 因此, 描述其个体形态特征, 必须标出在什么培养基和培养条件下培养。

细菌的大小很难准确测定, 一般经干燥固定的菌体要比活菌体的长度缩短 $1/3 \sim 1/4$, 用负染法所看到的菌体则比干燥后染色的菌体大, 所以, 如不标明用什么方法, 其结果就没有什么意义。一般用微米 (μm) 或毫微米 (nm) 表示, $1\mu\text{m} = 1/1000\text{mm}$, $1\text{nm} = 1/1000\mu\text{m}$, $1\text{\AA} = 1/10\text{nm}$ 。

球菌的大小, 测量其直径; 杆菌和螺菌的大小, 则以长度和直径表示; 螺菌的长度是以空间的长度而不是实际长度。一般用目镜测微尺或投影法测定, 球菌直径一般 $0.5 \sim 2\mu\text{m}$ 左右, 杆菌一般直径多为 $0.5 \sim 1\mu\text{m}$, 长度 $2 \sim 3\mu\text{m}$, 表示为 $0.5 \times 2 \sim 3\mu\text{m}$, 芽孢菌则更大一些,

如大肠杆菌 (*E. coli*) $0.5 \times 1.0 \sim 2.0\mu\text{m}$., 普通变形杆菌 (*Proteus vulgaris*) $0.5 \sim 1.0 \times 1.0 \sim 30\mu\text{m}$, 伤寒杆菌 (*Salmonella typhi*) $0.6 \sim 0.7 \times 2.0 \sim 3.0\mu\text{m}$, 乳酸链球菌 (*Streptococcus lactis*) $0.5 \sim 1.0\mu\text{m}$, 但球菌最大的直径为 $80\mu\text{m}$ 。肺炎球菌直径最小的仅 $0.15 \sim 0.3\mu\text{m}$ 。

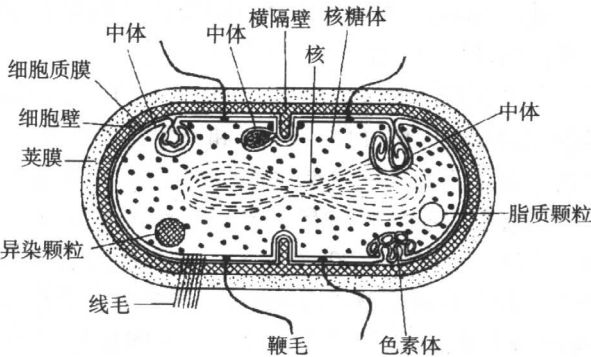


图 1-2 细菌细胞结构的模式图

2. 细菌细胞的构造

(1) 细菌的细胞壁与革兰氏染色反应 细菌的细胞壁是细胞的最外层，无色，坚韧而富有弹性，有固定菌体外形和保护菌体的作用，并且是鞭毛细菌支撑鞭毛活动所必需。细胞壁约占细胞干重的 10% ~ 20%，胞壁的厚度因菌种不同而异，一般 10 ~ 23nm。将细胞浸泡在浓盐液中，可使细胞壁与原生质体分开。细胞壁的化学组成与细菌的抗原性、致病性以及噬菌体的敏感性有关。

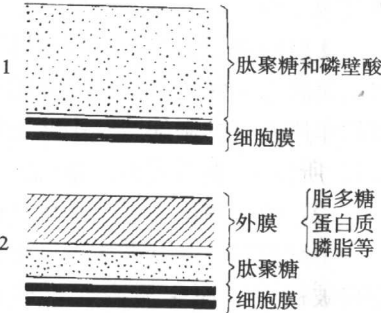


图 1-3 革兰氏阳性细菌细胞壁 (1) 和革兰氏阴性细菌细胞壁 (2) 的模式图

细胞壁的主要成分是粘质肽 (Peptidoglycan, 或称肽聚糖), 肽聚糖是由 N-乙酰葡萄糖胺和 N-乙酰胞 (磷) 壁酸以及短肽聚合而成的

大分子化合物，它们相互联结构成多层网状结构，短肽接于胞壁酸上，相邻的短肽再交叉相连。短肽一般由 4~5 个氨基酸组成，N-乙酰葡萄糖胺与 N-乙酰胞（磷）壁酸构成网状结构的骨架，相邻短肽的连接方式随细菌的种类不同而异。

菌质体（Mycoplasma，亦称支原体、霉形体）则没有细胞壁，只能在近等渗透压的环境中生活。

革兰氏染色法是丹麦的微生物学家（医生）Christian Gram（1884）用来将细菌鉴别为革兰氏阳性菌（ G^+ ）和革兰氏阴性菌（ G^- ）两大类细菌的方法。最近研究表明，革兰氏阴性（ G^- ）和革兰氏阳性菌（ G^+ ）的细胞壁结构和成分方面有一定的差异（图 1-3）， G^+ 菌的细胞壁结构只有 1 层，但较厚（20~80nm），肽聚糖含量较高，占壁重的 50%~80%，并含有磷壁酸（即垣酸），其结构主要有甘油磷壁酸和核糖醇磷壁酸等组成 5 种类型；而 G^- 菌的胞壁结构较薄，约 10nm，分内外两层，内壁层称硬壁层，2~3nm 厚，主要组分是肽聚糖，含量较前者低，占壁重 5%~10%；外壁层较厚，7~9nm，外壁层主要由脂蛋白和脂多糖组成，类脂质含量大大高于 G^+ 菌，但不含磷壁酸。外壁还可能含两层磷脂。

肽聚糖的功能：决定细胞形状，抵抗细胞的膨压，使细胞免因渗透压而破裂。使用溶菌酶处理胞壁就是破坏肽聚糖层，青霉素对 G^+ 菌的作用就是抑制细胞壁中肽聚糖合成的最后一步（即横跨结合水的链），所以 G^+ 菌对青霉素敏感。

（2）细菌细胞的原生质体（Protoplast）

①细胞膜。是紧贴于细胞壁内的一层柔软又富有弹性的薄膜。细胞膜皱褶陷入原生质内而形成囊状或管状体的部分，称为中间体（mesosome），中间体一般位于细胞分裂的部位或其附近， G^+ 菌中间体较明显。膜是细胞质内部与外界隔离的屏障，膜的重量约占细胞干重的 10%~30%，膜的主要成分是蛋白质（占 60%~70%）、磷脂（占 20%~30%）和少量的多糖（2%），膜的两面各有一层磷脂，两层磷脂之间是蛋白质，膜厚约 8nm，具有半渗透性，细胞靠其与外界进行物质交换，但进出膜的物质的颗粒大小是有限的，最大是 DNA 片段

和分子量较小的蛋白质（如外酶），细菌的能量代谢和多种合成作用都是在膜上进行。而真核生物的能量代谢是在细胞器——线粒体上进行。

膜的功能：控制胞内外物质的运送与交换；维持细胞内正常渗透压的屏障作用；合成胞壁各种组分（LPS、肽聚糖、磷壁酸）和荚膜；是进行光合磷酸化和氧化磷酸化的产能基地；是许多酶（如有关细胞壁和荚膜合成酶、 β -半乳糖酶、ATP 酶）和电子传递链组分的所在部位；鞭毛的着生点和提供其运动所需的能量等。

②细胞质、核糖（蛋白）体。包围于细胞膜内的是细胞质，它是一种粘稠状的无色胶体，多数细菌细胞质不含任何细胞器，在电镜下可看到许多直径为 10nm，沉降系数为 70S 的颗粒体，这些颗粒体称核蛋白体（或核糖体），它是蛋白质和核糖核酸的大分子复合物，是多肽和蛋白质的合成场所。细胞质中还含有一些分散于其中的贮存物质，称内含物。

③原核、染色体和质粒。细菌细胞质的中央是一个絮状的核区，在电镜下可明显和细胞质分开，但没有核膜隔开，而真核细胞则有核膜。就现在所知，核区只含 1 个染色体，而真核细胞核在分裂过程中形成几个染色体。核区的主要成分是 DNA，不含组蛋白，DNA 长 1100 ~ 1400 μ m，是一条折叠卷曲的双螺旋结构的细丝，染色体由双螺旋的 DNA 分子构成，有些细菌的 DNA 是环形的。染色体的 DNA 双螺旋的碱基对排列，就是储存和发出遗传信息的物质基础。在细胞分裂中，DNA 双螺旋的复制，又是将遗传信息传给后代的物质基础。细菌细胞有时还含有 1 个或几个由 DNA 分子组成的质粒，质粒分散在细胞质中或附着于染色体上，它们也是遗传信息贮存、发出和传递给下一代的物质基础。

（3）细菌的运动与鞭毛 有的细菌能运动，有的不能运动。能运动的细菌的运动有 3 种形式：①生鞭毛，可自由运动；②螺旋体能活跃运动，它能在菌体两端各生一束丝缠绕菌体，依靠这两端的束丝的伸缩而运动。③还有些细菌类群如粘细菌和蓝细菌，它们不能在液体中自由运动，但可以在固体表面上滑行（蠕动），滑行是由于菌体外

形的一些微变动而进行的波浪形弯曲而移动。

鞭毛是一些螺菌、杆菌和极少数球菌幼龄时发生的运动器官，它是由特殊的鞭毛蛋白构成的原生质穿过细胞壁，伸出原生质体外的纤细丝状体，直径为 20 ~ 30nm，必须通过特殊染色，使鞭毛加粗，光学显微镜才能看到，或用电镜观察。鞭毛的数目和着生位置，因种类不同而异，可分为单生、丛生、周生(图 1-4)，是细菌分类的依据之一。

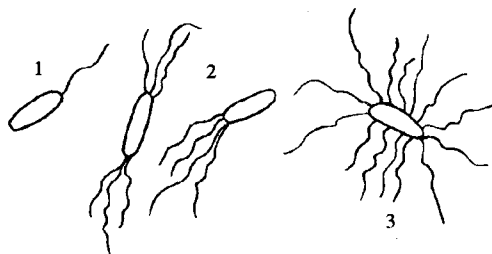


图 1-4 细菌鞭毛的类型

1. 单生 2. 丛生 3. 周生

(4) 线毛 (pilus, 还译为菌毛、须或纤毛) 某些 G^- 菌细胞的周围还长有很多比鞭毛短、直，但较硬的蛋白质细丝或纤管，它能使大量菌体纠缠在一起，漂浮于液面形成菌膜，具有使细菌附着于寄主器官呼吸道、消化道、泌尿生殖道的粘膜上的作用。另外有一种特殊的性线毛 (Sex pili)，如大肠杆菌 K_{12} 菌株的细胞有 1 ~ 2 根中空的线毛，不同性别菌株交接时能使游离的染色体 DNA 片段或质粒 DNA 通过线毛的中空注入♀株，假单胞菌属，霍乱弧菌，肾棒状杆菌及绝大多数的肠道细菌均有这种线毛。

(5) 细胞内含物 细胞质内还含有多种小分子的有机、无机化合物，这些物质是合成大分子物质的原料，也是大分子物质的分解产物，通常在光学显微镜下可以看到的称为细胞内含物。例如不含氮的淀粉粒、肝糖（可用碘液来检测）和聚 β -羟基丁酸（可用脂溶性染料苏丹黑检测），或用相差显微镜直接观察，以及异染粒即核转菌素（用美蓝染色呈红色），它是一种多聚偏磷酸成分，也是一种磷的贮存

成分。此外，还有硫黄滴、多肽（如苏云金杆菌体内的棱状结晶）。

(6) 细菌的芽孢 芽孢是某些细菌在生长发育过程中的特殊休眠阶段，现在认为芽孢的形成不仅是细胞中部分细胞质失水浓缩而成，而且还包括有核质及细胞质的重新组合，芽孢的形成过程（现以蜡质芽孢杆菌为例），可分为7个阶段：①在具有两个核质的营养细胞中，两核质连接形成长轴丝；②菌体一端的胞膜内陷，形成横隔，将部分染色体及细胞质包围住（前芽孢）；③前芽孢隔膜形成：横隔两端边缘向菌体顶端延伸推进，使横隔两端逐渐融合，将菌体隔离为大小两部分；④前芽孢发育成熟，开始合成芽孢衣，细胞中出现两层膜（内膜和外膜）包住前芽孢；⑤芽孢衣合成结束并形成皮层；⑥形成芽孢外壁；⑦芽孢成熟。成熟的芽孢具有较厚的壁（图 1-5），在光学显微镜下折光性很强，含有较多吡啶 2, 6-二羧酸（DPA），很难着色，具有较强的抗逆性，对高温、射线、干燥、化学药品等都有较强的抗性。芽孢的核酸和蛋白质不易变性，其酶的组成也不同于营养细胞的酶，呈不活跃状态，遇到适宜环境即可吸水膨胀出芽。芽孢的形状、大小、位置依不同种类而异（图 1-6），在适合的环境条件下（水、营养物质、温度、氧浓度等）萌发，通过加热到 $80^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ 可促进芽孢萌发。一般 1 个芽孢只萌发 1 个营养细胞。某些昆虫病原菌（如苏云金杆菌）在形成芽孢时残留的营养细胞部分，可形成菱形的八面体

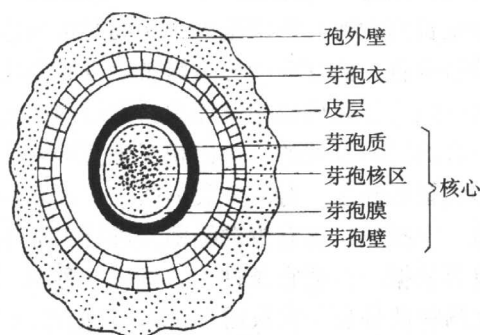


图 1-5 细菌芽孢构造的模式图

的伴孢晶体。

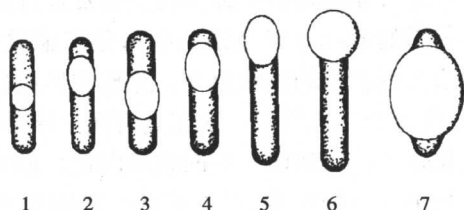


图 1-6 细菌芽孢的各种类型

(7) 细菌的荚膜和粘液 有些细菌细胞的外围常围绕着一层粘质的荚膜，是细菌生命活动分泌的物质，粘稠性低的称粘液。荚膜主要成分是多糖和果胶物质，也有少数细菌的荚膜是多肽。如果很多细菌的荚膜融合成一团胶状物，即称为菌胶团，主要起保护作用。荚膜的形成受环境条件影响，生长于含糖量高的培养基易形成荚膜，某些病原菌如炭疽杆菌则只有在动物体内才能形成荚膜，荚膜的形成同时也受细菌的遗传特性控制。有些细菌的粘液层能逐渐硬化而形成坚硬的鞘（如铁细菌、衣细菌），鞘内有无机沉淀物，鞘的一端常成为附着器，以附着于基质上，适应不良环境。

3. 细菌的繁殖与菌落的形成

细菌最普遍的繁殖方法是裂殖，即 1 个母细胞分裂成两个子细胞，两个子细胞生长到大致与母细胞大小相同时可再进行分裂，杆状菌的分裂与长轴呈垂直，而球菌的分裂繁殖就没有固定的方向。有的多次分裂面方向一致，分裂后成为链球菌；有的两次分裂面相垂直而形成四联球菌；有的三次分裂的分裂面相互垂直即为八叠球菌；分裂方向不规则的即为葡萄球菌。有的分裂为两个子细胞后，细胞大小不等称为异形分裂。据报道，也有少数细菌能进行出芽生殖。这些都是鉴定细菌种的重要依据。在适宜条件下，细菌一般只要 20 ~ 30min 就可分裂 1 次，大肠杆菌分裂 1 次只需 18min，它们可以一代一代分裂，呈几何级数增加，但往往因环境不适宜，营养不足或代谢产物积累而受影响。遗传学上业已证明，细菌也存在有性结合繁殖，只不过出现

频率很低。

细菌的裂殖过程：细菌分裂开始，首先是双螺旋结构 DNA 链的复制，双螺旋链分开为单股 DNA 链（图 1-7），每条单股 DNA 链按照碱基配对原则，对称地复制成新的双螺旋链，新形成的两个双螺旋链分开形成两个核区，同时在细胞赤道附近的质膜，从外向中心凹陷作环状推进，而后闭合形成垂直于细胞长轴的细胞质隔膜，使细胞质分开为两部分，再在新的细胞膜之间形成细胞壁（是细胞壁向内生长引起的），随后横隔壁也分成两层，成为两个细胞，最后分开，这样，母细胞的遗传信息可以全部传给子细胞。

菌落：由 1 个或少数几个细菌细胞在固体培养基表面或深层生长繁殖为大量个体，这些个体堆积成肉眼可见的群体，称为菌落。生长于培养基表面的叫表面菌落；生长于培养基表面以下的称深层菌落；接种于斜面培养基表面上所形成的培养物称为菌苔。每一种细菌在一定的条件下形成的菌落具有一定的性状特征，不同种类的细菌所形成的菌落各不相同，同一种细菌，在不同培养基上所形成的菌落性状就可能有所不同，表面湿度不同其菌落特征也不同。细菌菌落特征，既受其遗传性控制，也受环境条件的影响。因此，菌落特征也是鉴定和识别细菌的重要标志。菌落特征包括菌落的形状、大小、边缘、高度、颜色、硬度、透明度、光泽等。

细菌细胞的液体培养特征：不同种类的细菌，在液体培养基中也表现出不同性状，有的使液体均匀混浊，有的产生沉淀，有的表面形成菌膜或沿管壁形成菌环。

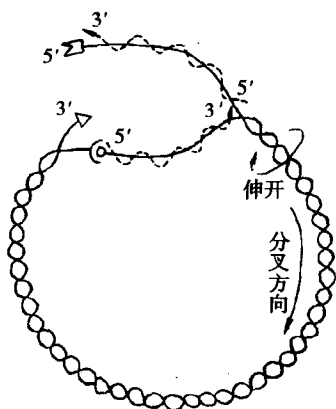


图 1-7 双螺旋 DNA 链的复制

双链的一条断裂一条不断，
随分叉随复制。虚线表示新
复制的对应的 DNA 链

4. 食品中常见的细菌

(1) 革兰氏阴性菌

①假单胞菌属 (*Pseudomonas*) G^- 需氧菌。无芽孢，端生鞭毛；能运动或不运动，有些菌能产生水溶性萤光色素。化能有机营养型，自然界中分布广泛，某些菌株有强烈分解脂肪和蛋白质的能力，污染食品后能在食品表面迅速生长引起变质，影响食品气味，如萤光假单胞菌 (*Pseudomonas fluorescens*) 能在低温下生长，使肉类腐败，生黑腐败假单胞菌 (*Ps. nigrificiens*) 能在动物性食品上产生黑色素；菠萝软腐假单胞菌 (*Ps. ananas*) 使菠萝腐烂。

②醋酸杆菌属 (*Acetobacter*) 杆菌。幼龄菌 G^- ，老龄菌常为 G^+ ，无芽孢，需氧性，周生鞭毛，能运动或不运动，有较强的氧化能力，能将酒精氧化为醋酸，可用于制醋，但能引起果蔬和酒类的败坏。如纹膜醋酸菌 (*Acetobacter aceti*)，一般粮食发酵、果蔬腐败、酒类及果汁变酸等都有本菌参与；胶醋酸杆菌 (*Acetobacter xylinum*) 能产生大量粘液而妨碍醋的生产。

③无色杆菌属 (*Achromobacter*) G^- 菌，有鞭毛，能运动，多数能分解葡萄糖及其他糖类，产酸不产气，能使禽肉和海产品变质发粘，分布于水和土壤中。

④产碱杆菌属 (*Alcaligenes*) G^- 菌，不能分解糖类产酸，能产生灰黄、棕黄和黄色的色素，引起乳品及其他动物性食品发粘变质，能在培养基上产碱，广泛分布于水、土壤、饲料和人畜的肠道中。

⑤黄色杆菌属 (*Flavobacterium*) G^- 菌，有鞭毛，能运动，对碳水化合物作用弱，能产生多种脂溶性而难溶于水的色素，如黄、橙、红等颜色，能在低温中生长，能引起乳、禽、鱼、蛋等食物的腐败变质，广泛分布于海水、淡水、土壤、鱼类、蔬菜和牛奶中。

⑥埃希氏杆菌属 (*Escherichia*) 和肠细菌属 (*Enterobacter*) G^- 菌，前者又叫大肠杆菌属，短杆、单生或成对排列，周生鞭毛，能分解乳糖、葡萄糖产酸产气，能利用醋酸盐，不利用柠檬酸盐。大量存在于人和牲畜的肠道内，也分布于水和土壤中，在食品检验中，一旦发现了大肠杆菌，就意味着这种食品直接或间接地被粪便污染。也是食品